



Оценка эффективности различных хирургических методик ранней стабилизации реберного каркаса в сравнении с консервативной тактикой лечения и предикторы неблагоприятного исхода у пациентов с тяжелой сочетанной травмой

Н. П. ШЕНЬ¹, Н. С. ДАВЫДОВА², Т. В. СМЕЛАЯ³, Е. А. БЕСЕДИНА⁴, Л. А. СКОРОХОДОВА², П. Г. БОЛТАЕВ⁴, С. Ю. ЛУКИН⁴, И. Д. ПАНОВ⁵

¹ Тюменский государственный медицинский университет, г. Тюмень, РФ

² Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург, РФ

³ Главный военный клинический госпиталь войск национальной гвардии Российской Федерации, г. Балашиха, Московская область, РФ

⁴ МБУ ГБ № 36 «Травматологическая», г. Екатеринбург, РФ

⁵ Областная клиническая больница № 2, г. Тюмень, РФ

РЕЗЮМЕ

Цель – оценка клинической эффективности различных хирургических методик ранней стабилизации реберного каркаса в сравнении с консервативной тактикой лечения. Важное значение авторы придавали поиску предикторов неблагоприятного исхода у пациентов с тяжелой сочетанной травмой.

Материалы и методы. В многоцентровое нерандомизированное открытое ретро- и проспективное когортное исследование были включены 65 пациентов с травмой грудной клетки. В зависимости от используемой методики восстановления нарушенной каркасности грудной клетки пациенты были распределены на 3 группы. В 1-ю группу были включены 19 пациентов в возрасте $39,9 \pm 2,4$ лет с тяжестью состояния на основании шкалы MODS-II – $4,0 \pm 0,6$, ISS – $24,1 \pm 1,8$ балла. В данной группе выполняли оперативные вмешательства по восстановлению каркасности грудной клетки с применением погружных конструкций. Во 2-ю группу были включены 24 пострадавших в возрасте $30,9 \pm 2,4$ лет с тяжестью состояния на основании шкалы MODS-II – $4,3 \pm 0,5$, ISS – $27,1 \pm 1,0$ балла. Стабилизацию каркаса осуществляли применением методики фиксации костей ребер и грудины устройством (аппаратом) внешней фиксации (АВФ). 3-ю группу составили 22 пациента в возрасте $48,6 \pm 2,9$ лет с тяжестью состояния на основании шкалы MODS-II – $3,9 \pm 0,3$, ISS – $24,3 \pm 1,3$ балла, у которых применяли консервативную тактику ведения.

Результаты. Спустя 24 часа после выполнения оперативного вмешательства для стабилизации реберного каркаса показатели биомеханики дыхания в 1-й и 2-й группе не имели статистически значимых отличий за исключением повышенного накопления CO_2 в 1-й группе и отчетливой тенденции к снижению растяжимости легочной ткани (Clang), что могло свидетельствовать об ограничении экскурсии грудной клетки. Анализ корреляционной связи между клинко-лабораторными параметрами и летальным исходом показал, что неблагоприятный исход наиболее тесно связан с длительным «догоспитальным временем», исходной тяжестью состояния по интегральным шкалам SOFA и APACHE II, а также с развитием острого почечного повреждения и некомпенсированной тканевой гипоксией.

Заключение. Сравнение 3 методов лечения показало, что каждый из них имеет свои преимущества: методика оперативного лечения с применением погружных конструкций отличается наибольшей агрессивностью для пострадавшего, ограничивает экскурсию грудной клетки по данным биомеханики дыхания, что способствует усугублению тканевой гипоксии, но сокращает сроки лечения и финансовые затраты. Наименее затратным, но сопоставимым по агрессивности, является метод аппаратной фиксации. Наиболее щадящим для пациента, хоть и удлиняющим время лечения, а, соответственно, и его стоимость, является консервативная методика ведения. Таким образом, выбор хирургической тактики остается как за профильным специалистом, так и за пациентом.

Ключевые слова: клинко-экономическая оценка, стабилизации реберного каркаса, травма

Для цитирования: Шень Н. П., Давыдова Н. С., Смелая Т. В., Беседина Е. А., Скороходова Л. А., Болтаев П. Г., Лукин С. Ю., Панов И. Д. Оценка эффективности различных хирургических методик ранней стабилизации реберного каркаса в сравнении с консервативной тактикой лечения и предикторы неблагоприятного исхода у пациентов с тяжелой сочетанной травмой // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2024. – Т. 21, № 1. – С. 53–64. DOI: 10.24884/2078-5658-2024-21-1-53-64.

Evaluation of the effectiveness of various surgical techniques for early stabilization of the rib cage in comparison with conservative treatment tactics and predictors of an unfavorable outcome in patients with severe combined trauma

N. P. SHEN¹, N. S. DAVYDOVA², T. V. SMELAYA³, E. A. BESEDINA⁴, L. A. SKOROKHODOVA², P. G. BOLTAEV⁴, S. YU. LUKIN⁴, I. D. PANOV⁵

¹ Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

² Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

³ Main Military Clinical Hospital of the National Guard Troops of the Russian Federation, Balashikha, Moscow region, Russia

⁴ City Hospital № 36 «Traumatological», Yekaterinburg, Russia

⁵ Regional clinical Hospital № 2, Tyumen, Russia

ABSTRACT

The objective was to evaluate the clinical effectiveness of various surgical techniques for early stabilization of the rib cage in comparison with conservative treatment tactics. The authors attached great importance to the search for predictors of an unfavorable outcome in patients with severe combined trauma.

Materials and methods. This multicenter, non-randomized, open, retro- and prospective cohort study included 65 patients with chest trauma. Patients were categorized into three groups depending on the technique of restoration of the disturbed thoracic skeleton. Group 1 included 19 patients with the age of 39.9 ± 2.4 years and severity of MODS-II scale 4.0 ± 0.6 , ISS 24.1 ± 1.8 points. In this group, submersible constructs were used to restore sternal reconstruction. Group 2 included 24 patients aged 30.9 ± 2.4 years with MODS-II severity score of 4.3 ± 0.5 , ISS 27.1 ± 1.0 points.

The stabilization of the frame was carried out using the technique of fixation of the bones of the ribs and sternum with an external fixation device (AVF). Frame stabilization was performed according to the technique of fixation of rib and sternum bones with external fixation apparatus (EFA). Group 3 contained 22 patients aged 48.6 ± 2.9 years with severity of MODS-II scale 3.9 ± 0.3 , ISS 24.3 ± 1.3 points and conservative treatment tactics.

Results. The respiratory biomechanics parameters in groups 1 and 2 had no statistically significant differences after 24 hours of the surgical intervention and stabilized the rib cage. The exception concerned increased CO₂ accumulation and a distinct tendency to decrease lung tissue extensibility (Slang) in the group 1, which could indicate restriction of chest excursion. The analysis of correlation between clinical and laboratory parameters and lethal outcome indicated that unfavorable outcome was most closely related to prolonged prehospital time, initial severity of the condition according to SOFA and APACHE II integral scales, as well as to the development of acute kidney injury and uncompensated tissue hypoxia.

Conclusion. The comparison of the three treatment methods showed that each of them has its own advantages: the technique of surgical treatment using submersible structures is characterized by the greatest aggressiveness for the victim, limits the excursion of the chest in accordance with the biomechanics of respiration, which contributes to the aggravation of tissue hypoxia, but reduces the duration of treatment and financial costs. The least expensive, but comparable in aggressiveness, is the method of hardware fixation. The most sparing for the patient, although lengthening the time of treatment and, accordingly, its cost, is the conservative method of management. Thus, the choice of surgical tactics is left to the attending physician and the patient.

Key words: clinical and economic evaluation, rib frame stabilization, trauma

For citation: Shen N. P., Davydova N. S., Smelaya T. V., Besedina E. A., Skorokhodova L. A., Boltaev P. G., Lukin S. Yu., Panov I. D. Evaluation of the effectiveness of various surgical techniques for early stabilization of the rib cage in comparison with conservative treatment tactics and predictors of an unfavorable outcome in patients with severe combined trauma. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2024, Vol. 21, № 1, P. 53–64. (In Russ.) DOI: 10.24884/2078-5658-2024-21-1-53-64.

Для корреспонденции:
Наталья Петровна Шень
E-mail: nataliashen@rambler.ru

Correspondence:
Natalya P. Shen
E-mail: nataliashen@rambler.ru

Введение

Тяжелая травма грудной клетки (ТТГК) в структуре всех травматологических поражений входит в лидирующую тройку по частоте и тяжести [2, 15, 18, 26, 28, 30]. Известно, что даже не затрагивающие органы грудной полости множественные переломы ребер могут приводить к развитию выраженной респираторной недостаточности, связанной с ограничением дыхательных экскурсий грудной стенки в зоне перелома на фоне выраженного болевого синдрома. Особый риск создают переломы 3 и более последовательных ребер как минимум в 2 местах – так называемая «флотирующая» грудная клетка [1]. В последнее время большинство исследователей, занимающихся данной проблемой, отдают предпочтение активной тактике ведения данной группы пациентов: ранняя стабилизация реберного каркаса по одной из существующих методик с дальнейшим переводом в ОРИТ для проведения продленной ИВЛ и комплексного лечения на основании принятых стандартов или клинических рекомендаций [5, 6, 7, 10, 15, 17]. В качестве альтернативных методик рассматриваются эпидуральная анестезия, торакальная паравerteбральная блокада, блокада межреберных нервов, внутривенные или энтеральные анальгетики, опиоиды, ацетаминофен и нестероидные противовоспалительные препараты, а также внутриплевральная и мультимодальная анальгезия, которая включает регионарные методы в сочетании с системными анальгетиками [2, 6, 8, 9, 11, 12, 17, 20, 25, 27, 29].

Принятие решения в определении той или иной тактики при лечении пациентов данной группы, даже при изолированной травме грудной клетки, в силу особой сложности связано с 2 проблемами. Первая проблема хирургическая. Формирование первичной костной мозоли в области переломов ребер регистрируют только спустя 2 недели. Рассчи-

тывать на более раннее прекращение ИВЛ в данной группе больных не приходится. Вторая проблема заключается в организации и проведении интенсивной терапии. Как правило, средняя продолжительность ИВЛ при осложнении травмы респираторным дистресс-синдромом в среднем составляет 10–20 дней [32]. У больных с ТТГК многофакторная острая дыхательная недостаточность, сочетающаяся с нарушением механики дыхания, болевой гиповентиляцией при неудаче неинвазивной вентиляции заканчивается, как правило, переводом на ИВЛ и развитием гнойно-септических осложнений, что увеличивает продолжительность респираторной поддержки и реанимационного этапа лечения [16, 23, 24, 31–33].

Следует отметить, что длительная ИВЛ, проводимая с целью формирования внутреннего каркаса грудной клетки, не обеспечивает надежной фиксации скелета. Известно, что при дыхательных экскурсиях происходит увеличение частоты вторичных повреждений ткани легких фрагментами ребер [15, 23]. Присоединяющийся вторичный инфекционный процесс (у 70–80% пострадавших развивается гнойный трахеобронхит, у 50–79% – вентилятор-ассоциированная пневмония) наслаивается на первичное травматическое поражение легкого и отягощает процесс лечения. Развитие ателектазов при респираторной поддержке, в равной мере связанное как с повреждением ткани легкого, так и с особенностями механической вентиляции легких, на сегодняшний день описано довольно широко [16, 23, 24, 31–33]. При этом $\frac{2}{3}$ рентгенологических изменений в легких ошибочно трактуются как «пневмония» и неправильно выбранная тактика дальнейшего лечения приводит к ухудшению исходов лечения больных с ТТГК [16, 23, 32, 33].

Обращает на себя внимание, что, если активная лечебная тактика ведения (ранняя стабилизация каркаса грудной клетки, продленная респиратор-

ная поддержка) в данной группе больных практически никаких споров не вызывает, то максимально допустимый объем, характер оперативного вмешательства, сроки, параметры и необходимый мониторинг окончательно не стандартизированы. Данная проблема требует дальнейшего анализа накопленного материала. Применение активной тактики ведения пострадавших с ТТГК различными методиками – погружными наkostными и внутрикостными пластинами или установка аппаратов внешней фиксации и так называемой «интеллектуальной» ИВЛ привело к значительному улучшению исходов лечения: существенно сократились сроки ИВЛ, пребывание в ОРИТ, в стационаре и частота развития инфекционных осложнений. Вместе с тем, несмотря на положительные тенденции в лечении пострадавших с ТТГК, анализ доступных литературных источников показал, что отсутствие единого подхода в лечении не способствует улучшению результатов и снижению летальности [21, 22, 30]. Сравнительный анализ исходов лечения с применением различных хирургических методик стабилизации реберного каркаса свидетельствует, что проведение открытой фиксации погружными пластинами с целью стабилизации реберного каркаса способствует увеличению количества осложнений в послеоперационном периоде и ухудшению отдаленных исходов [2, 3, 7, 13, 14, 17, 19, 34, 29, 33]. Таким образом, вопрос о выборе различных хирургических подходов у данной группы пострадавших считается крайне важным.

При анализе клинических протоколов и рекомендаций по проведению ИВЛ у пациентов и ТТГК нам не удалось обнаружить указаний на необходимость мониторинга таких важных показателей, как функциональная остаточная емкость легких (ФОЕ), динамика индекса оксигенации, изменение эластичности (ригидности) легких (C_{lang}) и грудной клетки (C_{sw}), величина внутрипищеводного давления (P_{es}), изменение медианы транспульмонального давления (P_{tp}), работа пациента при вздохе (WOB_p), динамика метаболизма в до- и послеоперационном периодах. Ни в одном из доступных нам исследований нет указаний на предикторы неблагоприятно исхода при ведении активной хирургической тактики в данной группе пациентов.

В предыдущих наших работах были проанализированы результаты активной тактики лечения больных с ТТГК, оперированных по различным методикам, где было доказано влияние такой тактики на уменьшение сроков ИВЛ, сокращение времени лечения в ОРИТ и в стационаре, улучшение дальнейшего качества жизни. Установлено, что управление величиной положительного давления конца выдоха (РЕЕР) на основе измерения P_{es} и медианы P_{tp} у данной группы пациентов способствует более эффективному газообмену, повышает качество интенсивной терапии, исходы лечения и экономическую эффективность интенсивного этапа лечения [7].

В последнее десятилетие во многих исследованиях сообщалось об улучшении результатов оперативного лечения по сравнению с консервативной тактикой. Однако на сегодняшний день адекватных рандомизированных клинических испытаний в поддержку оперативного лечения не проводилось. Вместе с тем, N. Dehghan et al. (2018) показали, что оперативное лечение пациентов с нестабильными повреждениями грудной клетки имеет определенное преимущество по сравнению с консервативной тактикой [12]. Таким образом, обоснованной выглядит необходимость тщательного анализа исходов лечения в группах с применением разных методик активной и консервативной тактики ведения пациентов с ТТГК.

Цель исследования – оценить клиническую и экономическую эффективность различных хирургических методик ранней стабилизации реберного каркаса в сравнении с консервативной тактикой лечения и определить предикторы неблагоприятного исхода при травме грудной клетки.

Материалы и методы

Проведено многоцентровое нерандомизированное открытое ретро- и проспективное когортное исследование на базе 3 медицинских организаций: ГБУЗ Свердловской области Городской больницы № 36 «Травматологическая», Главного военного клинического госпиталя войск национальной гвардии Российской Федерации (г. Балашиха Московской области) и ГБУЗ Тюменской области «Областная клиническая больница № 2». В зависимости от используемой методики восстановления нарушенной каркасности грудной клетки пациенты были распределены в 3 группы: в 1-й проводили хирургическую стабилизацию ребер погружными конструкциями (использовали MatrixRIB™ Fixation System), во 2-й – аппаратную фиксацию стержневым аппаратом внеочаговой фиксации с использованием стержней из сплава титана (ВТ 5-1 ГОСТ 19807-91) и остальных элементов конструкции из нержавеющей стали (12Х18Н10Т), в 3-й группе применяли консервативную тактику лечения.

Тяжесть состояния оценивали с помощью шкал органной дисфункции с балльной оценкой тяжести повреждений: MODS, SOFA, ISS, APACHE II. Основные принципы интенсивной терапии в группах не отличались между собой и от общепринятых стандартов лечения пациентов с синдромом полиорганной дисфункции, находящихся на ИВЛ в ОРИТ. Интенсивный этап лечения включал продолжительную ИВЛ с установкой параметров на основе показателей биомеханики дыхания (C_{stat}, C_{lang}, C_{sw}, WOB_p, V_{ti}, EtCO₂, VCO₂, VtCO₂), основанных на измерениях P_{es} и медианы P_{tp}, а также данных, полученных при исследовании газового состава крови. В случае необходимости (при нарастании явлений острого почечного повреждения) применяли

Таблица 1. «Догоспитальное время» и демографические данные пациентов на момент включения в исследование
Table 1. Prehospital time and demographic data of patients at the time of inclusion in the study

Показатель	1-я группа, n = 19	2-я группа, n = 24	3-я группа, n = 22	p
Догоспитальное время, мин	85,6 ± 5,2*	125,3 ± 7,4*	54,3 ± 5,5*	< 0,001
Возраст, лет	39,9 ± 2,4*	30,9 ± 2,4*	48,6 ± 2,9*	0,0001
Мужской пол, n (%)	21 (75%)	19 (79,1%)	17 (77,2%)	> 0,05
ИМТ, кг/м ²	26,2 ± 3,1	25,4 ± 2,8	26,8 ± 3,0	> 0,05
Курение (анамнестически), n (%)	5 (17,8%)	7 (29,1)	6 (27,3%)	> 0,05
Сочетанная травма, n (%)	22 (78,5%)	20 (83,3%)	16 (72,7%)	> 0,05
Переведены на ИВЛ в 1 сутки, n (%)	20 (71,4%)	17 (70,8%)	13 (59,1%)*	0,04

Примечание: * – статистически значимое отличие между всеми группами; ** – статистически значимое отличие 3-й группы от 1-й и 2-й групп.

методику заместительной почечной терапии в режиме ультрафильтрации. Как было указано выше, рандомизации пациентов не было, использовали общие критерии включения и исключения. Вместе с тем, развитие полиорганной недостаточности (ПОН) отмечалось у всех пациентов, включенных в исследование.

Аппараты ИВЛ, мониторы гемодинамики и лабораторное оборудование во всех 3 центрах исследования были сопоставимы, также были сопоставлены все референсные значения лабораторных показателей. Респираторную поддержку в группах осуществляли аппаратами MAQUET SERVO-i, GE Engstrom carestation, «VIASIS»-Avea («CareFusion») и «ABENTA-У». Помимо основных, традиционно мониторируемых показателей биомеханики дыхания, проводили мониторинг нижней точки перегиба статической кривой «объем-давление» (LIP), Pes и медианы Ptp, WOBp. Для контроля показателей биомеханики дыхания при проведении ИВЛ на аппарате «VIASIS-Avea» («CareFusion») устанавливали зонд-баллон AveaSmartCathNasogastric Pressure; на аппарате «ABENTA-У» контроль осуществляли с помощью внутривидеоэзофагального датчика NUTRIVENT™ Sidam®. Установку PIP проводили на основании мониторируемого объема выдоха (OB). Величину SpO₂ во всех 3 центрах считали достаточной при значениях не ниже 89–90%.

Показатели биомеханики дыхания оценивали в первые 24 часа от момента поступления и спустя 24 часа после оперативного вмешательства в 1-й и 2-й группах. Также исследовали показатели гемостаза, биохимические характеристики, включая маркеры воспаления (СРБ, прокальцитонин), общий анализ крови в первые 24 часа и в течение последующих 3 суток (не позднее 96 часов от момента поступления). Функцию почек в связи с перенесенным травматическим шоком и гипоперфузией в первые часы, а также с учетом объемной (в большинстве случаев) инфузионно-трансфузионной терапии оценивали не только по уровню мочевины, креатинина и диуреза, но и подсчетом скорости клубочковой фильтрации.

Критерии включения:

1) характер травмы: наличие тяжелой травмы грудной клетки с сегментарными, флотирующими

переломами ребер и нарушением ее каркаса, повреждением легких, грудины и органов средостения;

2) травма грудной клетки у пациентов, включенных в исследование, определяла тяжесть состояния, но не исключала наличие сочетанной патологии. В формировании ПОН ТГК и связанные с ней процессы (травматический шок, дыхательная недостаточность, ушиб легких и органов средостения и т. д.) играли ведущую роль;

3) наличие технической возможности мониторинга биомеханики дыхания и транспорта кислорода на основе показателей аппарата ИВЛ и лабораторного анализа газов крови и кислотно-основного состояния;

4) наличие КТ-реконструкции у пациентов 1-й и 2-й групп в до- и послеоперационном периодах;

5) применение продленной ИВЛ (не менее 72 часов) в комплексе интенсивной терапии;

6) наличие добровольного информированного согласия пациента на лечение и исследование, подписанное пациентом или (в случае отсутствия сознания у пациента) консилиумом из 3 специалистов.

Критерии исключения:

1) развитие летального исхода или его высокая вероятность, не связанная с травмой грудной клетки или ее непосредственными осложнениями;

2) наличие тяжелой черепно-мозговой травмы, позвоночно-спинномозговой травмы, закрытой травмы живота, потребовавшей повторного хирургического вмешательства;

3) комбинированные травмы (комбинации с термической или электротравмой);

4) необходимость повторных вмешательств на органах брюшной полости;

5) наличие в анамнезе хронической обструктивной болезни легких.

В 1-ю группу были включены 19 пациентов в возрасте 39,9 ± 2,4 лет с тяжестью состояния на основании шкалы MODS-II – 4,0 ± 0,6, ISS – 24,1 ± 1,8 балла. В данной группе выполняли оперативные вмешательства по восстановлению каркаса грудной клетки с применением погружных конструкций.

Во 2-ю группу было включено 24 пострадавших в возрасте 30,9 ± 2,4 лет с тяжестью состояния на основании шкалы MODS-II – 4,3 ± 0,5, ISS –

Таблица 2. Показатели биомеханики дыхания в первые 24 часа от момента поступления у пациентов, переведенных на ИВЛ (до стабилизации реберного каркаса)

Table 2. Indicators of biomechanics of respiration in the first 24 hours from the moment of admission in patients transferred to ALV (before stabilization of the rib cage)

Показатели биомеханики дыхания	1-я группа, $n = 19$	2-я группа, $n = 24$	3-я группа, $n = 22$	p
PEEP	$12,9 \pm 4,2$	$11,9 \pm 2,2$	$10,6 \pm 3,2$	$> 0,05$
Pes, см/Н ₂ O	$13,1 \pm 4,2$	$10,0 \pm 3,1$	$11,4 \pm 4,1$	$> 0,05$
PC, см/Н ₂ O	$11,4 \pm 2,8$	$13,4 \pm 2,2$	$12,2 \pm 1,9$	$> 0,05$
VCO ₂ , мл/мин	$252 \pm 11,7$	$234 \pm 20,6$	$226,0 \pm 18,4$	$> 0,05$
VtCO ₂ , мл	$19,9 \pm 0,9$	$18,1 \pm 0,3$	$17,8 \pm 0,5$	$> 0,05$
Clang, мл/мбар	$45,4 \pm 6,9$	$50,1 \pm 5,7$	$42,6 \pm 6,4$	$> 0,05$
Csw, мл/мбар	$109,3 \pm 9,0$	$102,3 \pm 8,6$	$101,6 \pm 9,2$	$> 0,05$
WOBp, кгм · мин ⁻¹	$0,41 \pm 0,11$	$0,62 \pm 0,21$	$0,55 \pm 0,18$	$> 0,05$

$27,1 \pm 1,0$ балла. Стабилизацию каркаса осуществляли применением методики фиксации костей ребер и грудины устройством (аппаратом) внешней фиксации (АВФ).

3-ю группу составили 22 пациента в возрасте $48,6 \pm 2,9$ лет с тяжестью состояния на основании шкалы MODS-II – $3,9 \pm 0,3$, ISS – $24,3 \pm 1,3$ балла, у которых применяли консервативную тактику ведения в отношении восстановления каркасности грудной клетки. В случае необходимости пациентам выполняли дренирование плевральных полостей с применением активной аспирации содержимого по показаниям.

Группы были сопоставимы почти по всем демографическим показателям, за исключением возраста – наиболее молодыми были пациенты 2-й группы, наиболее старшими – 3-й группы. Отличия между группами по возрастной характеристике были значимы. Более 70% пациентов получили тяжелую сочетанную травму (диагноз тяжелой сочетанной травмы был обусловлен помимо грудной клетки кровотечениями из ран конечностей, переломами длинных трубчатых костей, закрытой травмой живота. Большинство больных уже в первые сутки были переведены на ИВЛ. Оценка тяжести травмы по ISS между группами показала их сопоставимость. Ввиду проведения консервативной тактики 3-я группа значительно отличалась по срокам перевода на ИВЛ: 59,1% пациентов были переведены в первые сутки, остальные – в более поздние сроки. «Догоспитальное время» в группах было различным, что связано с особенностями региона – 1-ю группу набирали территориально в самом крупном регионе, 2-ю – в миллионном городе, 3-ю – в городе, численность и площадь которого уступали 1-й и 2-й группам (табл. 1).

Для выявления предикторов развития летального исхода ($n=10$) оценивали его связь с 44 клинико-лабораторными параметрами и интегральными показателями.

Статистическую обработку полученных данных проводили при помощи программного обеспечения Excel 2016 Microsoft Office и StatSoft Statistika 13.2. Для характеристики показателей вариационных рядов были использованы средние значения (М), среднее квадратическое отклонение (σ). Статисти-

чески значимыми считались показатели с величиной отличий по t-критерию Стьюдента $\geq 2,0$ и при уровне значимости $p \leq 0,05$. Для оценки влияния различных факторов на исход в сравнении с нулевой гипотезой использовали критерий согласия Пирсона χ^2 и корреляционный анализ.

Результаты

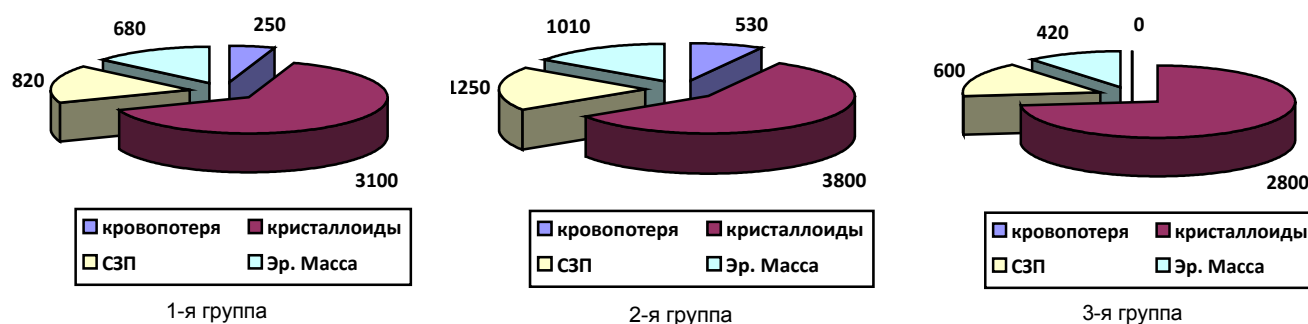
Характер травмы грудной клетки: в среднем 33% пациентов получили ушиб легкого, у 46% верифицирован гемоторакс, в 34% случаев был обнаружен пневмоторакс. Дренирование плевральной полости в случаях развития гемо- и пневмоторакса выполнялось в экстренном порядке. Показатели биомеханики дыхания в первые 24 часа у пациентов, переведенных на ИВЛ, статистически значимо не отличались. Все пациенты нуждались в повышенном PEEP и PC, растяжимость легочной ткани (Clang) у всех пострадавших была умеренно снижена (табл. 2).

После стабилизации реберного каркаса и спустя 24 часа после выполнения оперативного вмешательства показатели биомеханики дыхания в 1-й и 2-й группах не имели значимых отличий за исключением повышенного накопления CO₂ в 1-й группе и отчетливой тенденции к снижению Clang, что ассоциировалось с ограничением экскурсии грудной клетки (табл. 3).

В первые 24 часа пациенты всех 3 групп не имели значимых отличий по параметрам, характеризующим воспаление и полиорганную дисфункцию (максимальная температура тела, уровень лейкоцитов, прокальцитонин, балл по SOFA и АРАНСЕ II). Вместе с тем, уровень С-реактивного белка был значимо выше во 2-й группе ($11,6 \pm 0,7$ мг/Дл, $p < 0,001$), там же отмечалось и повышение фибриногена в сравнении с 3-й группой ($5,0 \pm 0,8$ г/л против $3,09 \pm 0,4$ г/л, $p=0,03$). Показатели функции коагуляции не показали отличий между группами по уровню МНО, в то время как уровень Д-димеров был значимо ниже в 3-й группе ($0,44 \pm 0,05$ мкг/л, $p = 0,01$), а АЧТВ – выше ($37,5 \pm 2,1$ сек, $p = 0,02$), чем в 1-й и 2-й группах, что объяснялось тактикой лечения. Лишь в 3-й группе он находился на

Таблица 3. Показатели биомеханики дыхания в 1-й и 2-й группе через 24 часа после стабилизации реберного каркаса
Table 3. Indicators of biomechanics of respiration in groups 1 and 2 24 hours after stabilization of the rib cage

Показатели	1-я группа, n = 19	2-я группа, n = 24	p
PEEP	13,2 ± 4,2	13,3 ± 4,5	0,98
Pes, см/H ₂ O	13,6 ± 3,9	14,0 ± 2,2	0,92
PC, см/H ₂ O	14,4 ± 2,7	15,4 ± 1,2	0,73
VCO ₂ , мл/мин	261 ± 9,7	225 ± 11,7	0,02
VtCO ₂ , мл	21,9 ± 1,1	22,5 ± 1,5	0,74
Clang, мл/мбар	44,6 ± 3,2	50,4 ± 2,9	0,18
Csw, мл/мбар	73,1 ± 12,0	76,1 ± 9,1	0,84
WOBp, кгм · мин ⁻¹	0,79 ± 0,6	0,81 ± 0,8	0,98



Объем интраоперационной кровопотери (без учета объема гемоторакса) и волемической нагрузки в группах в первые 24 часа от момента поступления

The volume of intraoperative blood loss (excluding hemothorax volume) and volemic load in the groups in the first 24 hours from the moment of admission

верхней границе референсных значений, превышая их в 1-й и 2-й группах. В 1-й и 2-й группах с учетом объемных хирургических вмешательств антикоагулянты не применяли, что в итоге приводило к гиперкоагуляции и ухудшало реологию крови. Вместе с тем, показатель тканевой гипоксии – лактат – хоть и был практически вдвое ниже в 3-й группе ($2,6 \pm 1,2$ ммоль/л против $4,9 \pm 0,6$ ммоль/л в 1-й группе и $4,5 \pm 0,5$ ммоль/л во 2-й группе), но с учетом разброса отдельных величин и небольшой выборки статистически значимых отличий не имел. Функция почек, с учетом перенесенного травматического шока и гипоперфузии в первые часы, страдала у всех пациентов, но восстанавливалась после стабилизации сосудистого тонуса и волемической поддержки. Вместе с тем, в 1-й группе сохранялась тенденция к повышению уровня креатинина и снижению скорости клубочковой фильтрации. Средние показатели по группе были невысоки, но значимо отличались от 3-й группы (по уровню креатинина $101,3 \pm 9,8$ мкмоль/л против $72,1 \pm 6,8$ мкмоль/л, $p = 0,01$; по уровню скорости клубочковой фильтрации – $82,3 \pm 5,4$ мл/мин против $104,2 \pm 4,6$ мл/мин, $p = 0,003$). Таким образом, на первом этапе исследования консервативная тактика сопровождалась лучшими показателями гемокоагуляции, что позволило улучшить перфузию тканей, выразившуюся в отчетливой тенденции по уровню лактата сыворотки крови. Уровень лактатдегидрогеназы не имел отличий между группами. Полученные данные позволили сделать промежуточный вывод об оправданности

выбора консервативной тактики: отсутствие операционной травмы позволило более эффективно и быстро стабилизировать гомеостаз пациентов.

Тактика аппаратной фиксации сопровождалась значимым ростом С-реактивного белка и фибриногена. Применение тактики с использованием погружных конструкций в меньшей мере повлияло на систему гемокоагуляции, вместе с тем, было ассоциировано с развитием существенной централизации кровообращения, что выразилось в обеднении почечного кровотока и значимому повышению уровня креатинина, выходящему за пределы референсных значений, а также к снижению скорости клубочковой фильтрации. В отличие от 3-й группы пациенты, которым проводили хирургические вмешательства, отличались интраоперационной кровопотерей, которая, безусловно, не была массивной, но с учетом перенесенной тяжелой травмы потребовала более объемную заместительную терапию (рисунок, табл. 4).

К исходу первых 96 часов от момента госпитализации оперативные вмешательства в 1-й и 2-й группах были завершены. Оценивая параметры воспаления, мы установили, что одним из маркеров неблагополучия является уровень фибриногена – данный белок рассматривался нами не столько как фактор коагуляции, в частности, тромбообразования, сколько именно в качестве маркера воспаления, показывая активность процесса. На данном этапе исследования уровень фибриногена имел статистически значимые различия между всеми группами: наибольшим он был в 1-й группе, наименьшим –

Таблица 4. Сравнительная характеристика частоты развития отклонений в гомеостазе в группах в первые 24 часа
Table 4. Comparative characteristics of the frequency of deviations in homeostasis in groups in the first 24 hour

Показатель	1-я группа, n = 19	2-я группа, n = 24	3-я группа, n = 22	p
Максимальная температура, °C	35,8 ± 1,1	37,7 ± 0,7	37,4 ± 0,3	> 0,05
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	14,3 ± 5,3	13,6 ± 4,1	13,2 ± 2,4	> 0,05
Фибриноген, г/л	4,4 ± 0,7	5,0 ± 0,8**	3,09 ± 0,4**	0,03
Прокальцитонин, нг/мл	3,0 ± 2,6	3,6 ± 1,8	0,8 ± 0,6	> 0,05
С-реактивный белок, мг/дл	7,3 ± 0,9	11,6 ± 0,7	8,2 ± 0,4	< 0,001
SOFA, баллы	7,2 ± 0,3	6,9 ± 0,3	6,0 ± 0,8	> 0,05
APACHE II, баллы	9,5 ± 1,6	8,3 ± 1,7	7,2 ± 1,5	> 0,05
МНО	1,0 ± 0,3	0,9 ± 0,6	1,13 ± 0,06	> 0,05
АЧТВ, с	22,4 ± 7,9	24,1 ± 5,3	37,5 ± 2,1*	0,02
Д-димеры, мкг/мл	0,77 ± 0,06	0,65 ± 0,07	0,44 ± 0,05*	0,01
Лактат, ммоль/л	4,9 ± 0,6	4,5 ± 0,5	2,6 ± 1,2	> 0,05
Лактатдегидрогеназа, ед./л	689,6 ± 12,4	612,3 ± 11,5	710,5 ± 13,5	> 0,05
Креатинин, мкмоль/л	101,3 ± 9,8**	89,5 ± 8,2	72,1 ± 6,8**	0,01
Скорость клубочковой фильтрации, мл/мин	82,3 ± 5,4**	95,6 ± 6,2	104,2 ± 4,6**	0,003
K ⁺ , ммоль/л	4,3 ± 0,2	3,9 ± 0,3	3,9 ± 0,1	> 0,05

Примечание: * – значимое отличие показателя одной группы от других; ** – статистически значимое отличие показателей между обозначенными группами.

в 3-й ($p=0,02$). Также отличия в 3-й группе демонстрировал и уровень С-реактивного белка. В группе с консервативной тактикой лечения этот показатель был наименьшим, статистически значимо отличаясь от данных 1-й и 2-й группы ($9,2 \pm 1,1$ мг/дл против $18,1 \pm 0,9$ мг/дл и $14,6 \pm 0,8$ мг/дл, $p < 0,001$). Более отчетливыми стали и изменения по интегральным шкалам оценки тяжести. Так, максимальными по SOFA были показатели 1-й группы, минимальными – 3-й ($p < 0,001$), по APACHE II – аналогично ($p < 0,05$), что показало меньшую агрессивность консервативной тактики ведения, что закономерно.

Со стороны системы гемокоагуляции статистически значимыми были отличия в показателях АЧТВ: наименьшие значения были получены в 1-й группе, наибольшие – в 3-й ($p < 0,001$). Высокий уровень фибриногена, безусловно, характеризует более активное тромбообразование, и, хотя показатель Д-димеров во всех 3 группах превышал референсные значения ($0,44$ мкг/мл), статистически значимо выше он был в 1-й группе ($p < 0,001$). Данные результаты сопоставимы и с маркером тканевой гипоксии – лактатом, который демонстрировал ту же направленность – был максимальным в 1-й группе ($4,9 \pm 0,6$ ммоль/л против $1,5 \pm 0,5$ ммоль/л и $1,3 \pm 0,5$ ммоль/л во 2-й и 3-й группах соответственно). В отношении уровня лактатдегидрогеназы выявлены те же закономерности.

Почечный кровоток к окончанию 4 суток от момента поступления, по-видимому, продолжал страдать у пациентов 1-й группы, так как между этапами мы выявили отчетливый рост уровня креатинина ($101,3 \pm 9,8$ мкмоль/л против $226,3 \pm 9,8$ мкмоль/л, $p < 0,001$) и снижение скорости клубочковой фильтрации ($82,3 \pm 5,4$ мл/мин против $48,0 \pm 5,0$ мл/мин, $p < 0,001$), отличая 1-ю группу от других на II этапе исследования. Между тем, хотя уровень K⁺ в 1-й

группе также был статистически значимо выше в сравнении с показателями пациентов 2-й и 3-й групп, его значения не выходили за пределы референтных значений, что свидетельствует о наличии компенсации электролитного гомеостаза. Активная хирургическая тактика, безусловно, не индуцировала прогрессирование полиорганной дисфункции, но с учетом снижения СКФ, роста креатинина и ЛДГ в 1-й группе, явилась серьезным испытанием для гомеостаза пациентов (табл. 5).

При анализе клинического и экономического эффектов примененных технологий было выявлено, что общая длительность пребывания в ОРИТ была сопоставима по группам, но продолжительность ИВЛ была выше в 3-й группе ($p = 0,05$). Вместе с тем, число доз антибактериальных препаратов отличалось между 2-й и 3-й группами ($44,0 \pm 5,1$ против $58,6 \pm 2,7$, $p = 0,01$). Летальность была минимальной во 2-й группе ($p = 0,05$, пограничный показатель), статистически значимых отличий между 1-й и 3-й группами получено не было. Сравнение затрат на лечение показало, что все группы отличались между собой: наименее затратным было лечение с помощью аппаратной фиксации, наиболее затратной была консервативная тактика. Метод с применением погружных конструкций продемонстрировал промежуточные значения (табл. 6).

При поиске предикторов летальности наиболее тесная корреляционная связь отмечена в отношении догоспитального времени ($r = 0,51$; $p < 0,05$; связь тесная, прямая) и исходной тяжести состояния (по шкале APACHE II – $r = 0,45$; $p < 0,05$; связь умеренная, прямая; SOFA – $r = 0,63$; $p < 0,05$; связь тесная, прямая).

Среди лабораторных маркеров неблагоприятного прогноза наибольшее значение имел уровень креатинина на 1-е, 4-е и 7-е сутки лечения ($r = 0,38$;

Таблица 5. Сравнительная характеристика частоты развития отклонений в гомеостазе в группах в первые 96 часов от момента поступления**Table 5.** Comparative characteristics of the frequency of deviations in homeostasis in groups in the first 96 hours from the moment of admission

Показатель	1-я группа, n = 19	2-я группа, n = 24	3-я группа, n = 22	p
Максимальная температура, °C	37,6 ± 0,8	38,0 ± 0,8	37,7 ± 0,4	> 0,05
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	14,3 ± 3,1	13,6 ± 2,8	8,16 ± 1,2	> 0,05
Фибриноген, г/л	6,4 ± 0,3***	5,2 ± 0,4***	4,6 ± 0,2***	0,02
Прокальцитонин, нг/мл	3,0 ± 2,6	3,6 ± 1,8	1,1 ± 0,7	> 0,05
С-реактивный белок, мг/дл	18,1 ± 0,9	14,6 ± 0,8	9,2 ± 1,1*	< 0,001
SOFA, баллы	8,4 ± 0,2***	6,8 ± 0,4***	4,6 ± 0,5***	< 0,001
APACHE II, баллы	13,6 ± 0,8***	11,1 ± 0,2***	5,4 ± 0,6***	< 0,05
МНО	1,1 ± 0,2	1,6 ± 0,4	1,12 ± 0,05	> 0,05
АЧТВ, сек	16,4 ± 0,9***	24,1 ± 0,7***	38,7 ± 0,8***	< 0,001
Д-димеры, мкг/мл	1,4 ± 0,06*	0,65 ± 0,07	0,52 ± 0,06	< 0,001
Лактат, ммоль/л	4,9 ± 0,6*	1,5 ± 0,5	1,3 ± 0,5	< 0,001
Лактатдегидрогеназа, ед./л	1022,3 ± 44,2*	446,8 ± 10,6	386,2 ± 15,2	< 0,001
Креатинин, мкмоль/л	226,3 ± 9,2*	89,5 ± 8,2	68,0 ± 6,8	< 0,001
Скорость клубочковой фильтрации, мл/мин	48,0 ± 5,0*	89 ± 6,2	92 ± 5,8	< 0,001
K ⁺ , ммоль/л	4,6 ± 0,2*	4,2 ± 0,3	4,1 ± 0,1	< 0,001

Примечание: * – статистически значимое отличие показателя одной группы от других; ** – статистически значимое отличие показателей между обозначенными группами; *** – статистически значимое отличие показателей между всеми группами.

Таблица 6. Клинический и экономический эффекты применения различных методик стабилизации реберного каркаса и консервативного лечения**Table 6.** Clinical and economic effects of the use of various methods of rib frame stabilization and conservative treatment

Основные показатели эффективности лечения и затраты	1-я группа, n = 19	2-я группа, n = 24	3-я группа, n = 22	p
<i>Сравнение абсолютных чисел</i>				
Лечение в реанимации, сутки	10,3 ± 2,9	11,0 ± 0,9	13,5 ± 0,8	> 0,05
Лечение в реанимации, сутки (выжившие пациенты)	12,9 ± 3,2	10,7 ± 2,8	15,3 ± 1,1	> 0,05
Длительность ИВЛ, сутки	9,4 ± 1,6	8,5 ± 0,5	13,1 ± 1,0*	0,05
Антибактериальные препараты (число доз у выживших)	51,4 ± 4,3	44 ± 5,1**	58,6 ± 2,7**	0,01
<i>Сравнение относительных величин</i>				
Летальность, n (%)	5 (17,8%)	2 (8,3%)*	3 (13,6%)	0,05
Сравнение затрат на лечение в рублях				
Затраты на лечение в ОРИТ на одного пациента (без стоимости фиксаторов 1-й и 2-й групп)	134 637 ± 9327***	71 398 ± 1409***	156 225 ± 5880***	0,05

Примечание: * – статистически значимое отличие показателя одной группы от других; ** – статистически значимое отличие показателей между обозначенными группами; *** – статистически значимое отличие показателей между всеми группами.

0,87 и 0,83 соответственно; $p < 0,05$; связь тесная, прямая), скорость клубочковой фильтрации (1, 4, 7-е сутки, $r = -0,72$ и $-0,69$ на 1-е и 4-е сутки и 0,79 на 7-е сутки; $p < 0,05$, связь тесная, обратная в 1-е и 4-е сутки, и тесная, прямая на 7-е сутки), неблагоприятным фактором также явилось развитие острого почечного повреждения, безусловно, зависящего от особенностей догоспитального периода и преморбидного фона и требующего аккуратной интерпретации. С первых суток также отмечена тесная корреляция с неблагоприятным исходом уровня лактатдегидрогеназы ($r = 0,80$, связь тесная, прямая, $p < 0,05$), повышение которой при тяжелой травме свидетельствует о напряжении антиоксидантных систем организма в ответ на развитие тканевой гипоксии.

Используя критерий χ^2 для оценки значимости уровня лактата в формировании риска развития не-

благоприятного исхода, мы выяснили, что его значение составило 2,0, при нормированном значении коэффициента Пирсона 0,237 (сила связи средняя), а точный критерий Фишера (двусторонний) не показал статистической значимости ($p > 0,05$). В то же время, связь лактатдегидрогеназы по критерию χ^2 составила 15,82, при нормированном значении коэффициента Пирсона 0,727 (связь сильная), точный критерий Фишера – 0,00025 ($p < 0,05$), т. е. для прогноза важен не сам факт тканевой гипоксии, а степень его компенсации.

Обсуждение

Нами не было получено статистически значимых данных по снижению летальности при применении различных методик стабилизации реберного каркаса. Прогрессирование тяжести состояния у ряда

больных, верифицируемое по интегральным шкалам, несостоятельность почечной функций на фоне электролитных нарушений и тканевой гипоксемии являются предикторами неблагоприятного исхода и ограничивают использование методики стабилизации реберного каркаса с применением погружных конструкций до стабилизации состояния. Сравнение 3 методов лечения пациентов с травмой грудной клетки в комплексной интенсивной терапии тяжелой сочетанной травмы показало, что каждый из выбранных методов имеет свои преимущества: методика оперативного лечения с применением погружных конструкций отличается наибольшей агрессивностью для пострадавшего, ограничивает экскурсию грудной клетки по данным биомеханики дыхания, что способствует усугублению тканевой гипоксии, но сокращает сроки лечения и финансовые затраты. Наименее затратным, но сопоставимым по агрессивности, является метод аппаратной фиксации. Наиболее щадящей для пациента, хоть и удлиняющей время лечения, а, соответственно, и его стоимость, является консервативная методика ведения. Также мы предполагаем, что применение интеллектуальной ИВЛ может внести существенный вклад в коррекцию нарушений транспорта кислорода у пациентов, степень компенсации гипоксии у которых не высока.

Несмотря на то, что сравнение летальности между группами не показало отчетливой статистической разницы, мы получили веские аргументы в отношении как позитивных сторон, так и недостатков каждой методики лечения. Авторы исследования убеждены, что полученные данные могут явиться

аргументирующей частью в выборе между методами в каждом конкретном случае и способствовать более глубокому персонифицированному подходу к лечению пациентов с ТТГК.

Выводы

1. Спустя 24 часа после выполнения оперативного вмешательства для стабилизации реберного каркаса показатели биомеханики дыхания в 1-й и 2-й группах не имели статистически значимых отличий за исключением повышенного накопления CO_2 в 1-й группе и отчетливой тенденции к снижению растяжимости легочной ткани (Clang), что могло свидетельствовать об ограничении экскурсии грудной клетки.

2. Анализ корреляционной связи между клинико-лабораторными параметрами и летальным исходом свидетельствует, что неблагоприятный исход наиболее тесно связан с длительным догоспитальным временем, исходной тяжестью состояния по интегральным шкалам SOFA и APACHE II, а также с развитием острого почечного повреждения и некомпенсированной тканевой гипоксией.

3. Установка режима ИВЛ на основе показателей биомеханики дыхания (Cstat, Clang, Csw, WOBp, Vti, Et CO_2 , VCO $_2$, VtCO $_2$), базирующихся на оценке Pes и медианы Ptp, может способствовать повышению безопасности искусственной вентиляции легких в условиях ограниченной экскурсии грудной клетки без увеличения «агрессивности» параметров в раннем послеоперационном периоде.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Conflict of Interests. The authors state that they have no conflict of interests.

ЛИТЕРАТУРА

- Беленький И. Г., Майоров Б. А., Исаев М. В. и др. Хирургическое лечение множественных переломов ребер // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 4. – С. 102.
- Бенян А. С., Черногаева Г. Ю. Эволюция подходов и современные возможности искусственной вентиляции легких в лечении пострадавших с тяжелой травмой органов грудной клетки // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2015. – Т. 12, № 6. – С. 79–85. DOI: 10.21292/2078-5658-2015-12-6-79-85.
- Быков В. П., Павлов К. О., Попов В. А. и др. Хирургическое лечение повреждений и болезней легких у пациентов с закрытой травмой груди // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. – 2020. – Т. 12. – С. 64–69. DOI: 10.17116/hirurgia202012164.
- Жарылкапов Н. С. Хирургическое лечение травмы грудной клетки // Вестник хирургии Казахстана. – 2009. – № 4 (20). – С. 26–28.
- Закрытая травма грудной клетки: клинические рекомендации. – 2021. URL: <https://legalacts.ru/doc/klinicheskie-rekomendatsii-zakrytaja-travma-a-grudnoi-kletki-utv-minzdravom-rossii> (дата обращения: 20.01.2023).
- Овечкин А. М., Баялиева А. Ж., Ежевская А. А. и др. Послеоперационное обезболивание. Клинические рекомендации // Вестник интенсивной терапии им. А. И. Салтанова. – 2019. – Т. 4. – С. 9–33. DOI: 10.21320/1818-474X-2019-4-9-33.
- Шень Н. П., Давыдова Н. С., Смелая Т. В. и др. Активная тактика ведения пациентов с тяжелой травмой грудной клетки: клинико-экономическая значимость и предикторы летального исхода (многоцентровое исследование) // Анестезиология и реаниматология. – 2020. – № 2. – С. 40–47. DOI: 10.17116/anaesthesiology202002140.

REFERENCES

- Belen'kij I.G., Majorov B.A., Isaev M.V. et al. Surgical treatment of multiple rib fractures. *Modern problems of science and education*, 2021, no. 4, pp. 102. (In Russ.)
- Benyan A.S., Chernogaeva G.Yu. Evolution of approaches and current opportunities of artificial pulmonary ventilation in the treatment of those with severe chest trauma. *Messenger of anesthesiology and resuscitation*, 2015, vol. 12, no. 6, pp. 79–85. DOI: 10.21292/2078-5658-2015-12-6-79-85.
- Bykov V.P., Pavlov K.O., Popov V.A. et al. Surgical treatment of lung injuries and diseases in patients with blunt chest trauma. *Pirogov Journal of Surgery*, 2020, vol. 12, pp. 64–69. (In Russ.) DOI: 10.17116/hirurgia202012164.
- Zharylkapov N.S. Chest traumas came in third place in all mechanical damages and in first place on because of injury-related deaths. *Bulletin of Surgery of Kazakhstan*, 2009, no. 4 (20), pp. 26–28. (In Russ)
- Closed chest trauma: clinical guidelines, 2021. URL: <https://legalacts.ru/doc/klinicheskie-rekomendatsii-zakrytaja-travma-a-grudnoi-kletki-utv-minzdravom-rossii> (accessed: 20.01.2023).
- Ovechkin A.M., Bayalieva A.Zh., Ezhevskaya A.A. et al. Postoperative analgesia. *Annals of Critical Care*, 2019, vol. 4, pp. 9–33. (In Russ.) DOI: 10.21320/1818-474X-2019-4-9-33.
- Shen' N.P., Davydova N.S., Smelaya T.V. et al. Active management of patients with severe chest injury: clinico-economic significance and predictors of mortality (multiple-center study). *Russian Journal of Anaesthesiology and Reanimatology*, 2020, no. 2, pp. 40–47. (In Russ.) DOI: 10.17116/anaesthesiology202002140.

8. Шолин И. Ю., Эзугбая Б. С., Аветисян В. А. и др. Мультимодальная анальгезия у пациента с тяжелой сочетанной травмой с преимущественным повреждением грудной клетки // Медицина: теория и практика. – 2018. – № 4. – С. 236–240.
9. Adhikary S. D., Liu W. M., Fuller E. et al. The effect of erector spinae plane block on respiratory and analgesic outcomes in multiple rib fractures: a retrospective cohort study // *Anaesthesia*. – 2019. – Vol. 74, № 5. – P. 585–593. DOI: 10.1111/anae.14579.
10. Blunt chest trauma. Clinical Practice Guideline. – Queensland, Queensland Health, 2021. URL: <https://qheps.health.qld.gov.au/caru/networks/trauma> (accessed: 20.12.23).
11. de Moya M., Nirula R., Biffl W. Rib fixation: who, what, when? // *Trauma Surg Acute Care Open*. – 2017. – Vol. 2, № 1. – P. e000059. DOI: 10.1136/tsaco-2016-000059.
12. Dehghan N., Mah J.M., Schemitsch E. H. et al. Operative stabilization of flail chest injuries reduces mortality to that of stable chest wall injuries // *J Orthop Trauma*. – 2018. – Vol. 32, № 1. – P. 15–21. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000992.
13. Diaz J. J., Azar F. K. Minimally invasive chest wall stabilization: a novel surgical approach to video-assisted rib plating (VARP) // *Trauma Surg Acute Care Open*. – 2019. – Vol. 4, № 1. – P. e000366. DOI: 10.1136/tsaco-2019-000366.
14. Divisi D., Barone M., Crisci R. Surgical management of flail chest: state of art and future perspectives // *Curr Surg Rep*. – 2017. – Vol. 5, № 2. – P. 21. DOI: 10.1007/s40137-017-0184-3.
15. Dogrul B. N., Kiliccalan I., Asci E. S. et al. Blunt trauma related chest wall and pulmonary injuries: an overview // *Chinese Journal of Traumatology*. – 2020. – Vol. 23, № 3. – P. 125–138. DOI: 10.1016/j.cjtee.2020.04.003.
16. Ferrah N., Beck B., Ibrahim J. et al. Older trauma patients with isolated chest injuries have low rates of complications // *Injury*. – 2022. – Vol. 53, № 12. – P. 4005–4012. DOI: 10.1016/j.injury.2022.09.052.
17. Fokin A. A., Hus N., Wycech J. et al. Surgical stabilization of rib fractures: indications, techniques, and pitfalls // *JBJS Essent Surg Tech*. – 2020. – Vol. 10, № 2. – P. e0032. DOI: 10.2106/JBJS.ST.19.00032.
18. Haider T., Halat G., Heinz T. et al. Thoracic trauma and acute respiratory distress syndrome in polytraumatized patients: a retrospective analysis // *Minerva Anestesiologica*. – 2017. – Vol. 83, № 10. – P. 1026–1033. DOI: 10.23736/s0375-9393.17.11728-1.
19. Holmberg L., Frick Bergström M., Mani K. et al. Validation of the Swedish Trauma Registry (SweTrau) // *Eur J Trauma Emerg Surg*. – 2023. – Vol. 49, № 4. – P. 1627–1637. DOI: 10.1007/s00068-023-02244-6.
20. Kane E. D., Jeremitsky E., Pieracci F. M. et al. Quantifying and exploring the recent national increase in surgical stabilization of rib fractures // *J Trauma Acute Care Surg*. – 2017. – Vol. 83, № 6. – P. 1047–1052. DOI: 10.1097/TA.0000000000001648.
21. Lundin A., Akram S. K., Berg L. et al. Thoracic injuries in trauma patients: epidemiology and its influence on mortality // *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. – 2022. – Vol. 30, № 1. – P. 69. DOI: 10.1186/s13049-022-01058-6.
22. Ma X., Dong Z., Wang Y. et al. Risk factors analysis of thoracic trauma complicated with acute respiratory distress syndrome and observation of curative effect of lung-protective ventilation // *Front Surg*. – 2022. – Vol. 8. – P. 826682. DOI: 10.3389/fsurg.2021.826682.
23. Mergan İliklerden D., Çobanoğlu U., Sayır F. et al. Late complications due to thoracic traumas // *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. – 2022. – Vol. 28, № 3. – P. 328–335. DOI: 10.14744/tjtes.2020.07242.
24. Michelet P., Couret D., Brégeon F. et al. Early onset pneumonia in severe chest trauma: a risk factor analysis // *J Trauma*. – 2010. – Vol. 68, № 2. – P. 395–400. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181a601cb.
25. Peek J., Beks R. B., Kingma B. F. et al. Epidural analgesia for severe chest trauma: an analysis of current practice on the efficacy and safety // *Crit Care Res Pract*. – 2019. – Vol. 2019. – P. 4837591. DOI: 10.1155/2019/4837591.
26. Pehlivanlar Küçük M., Küçük A. O., Aksoy İ. et al. Prognostic evaluation of cases with thoracic trauma admitted to the intensive care unit: 10-year clinical outcomes // *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. – 2019. – Vol. 25. – P. 46–54. DOI: 10.5505/tjtes.2018.97345.
27. Pieracci F. M., Coleman J., Ali-Osman F. et al. A multicenter evaluation of the optimal timing of surgical stabilization of rib fractures // *J Trauma Acute Care Surg*. – 2018. – Vol. 84, № 1. – P. 1–10. DOI: 10.1097/TA.0000000000001729.
28. Rizk Y., Rizk M., Abd El-Rahman A. et al. Injury severity score (ISS) versus revised trauma score (RTS) as a predictive value and outcome in polytrauma patients // *Benha Journal of Applied Sciences*. – 2020. – Vol. 5. – P. 1–7. DOI: 10.21608/bjas.2020.137141.
8. Sholin I.Yu., Ezugbaya B.S., Avetisyan V.A. et al. Multimodal analgesia in patients with severe injury with a primary injury of the chest. *Medicine: theory and practice*, 2018, no. 4, pp. 236–240. (In Russ.)
9. Adhikary S.D., Liu W.M., Fuller E. et al. The effect of erector spinae plane block on respiratory and analgesic outcomes in multiple rib fractures: a retrospective cohort study. *Anaesthesia*, 2019, vol. 74, no. 5, pp. 585–593. DOI: 10.1111/anae.14579.
10. Blunt chest trauma. Clinical Practice Guideline. Queensland, Queensland Health, 2021. URL: <https://qheps.health.qld.gov.au/caru/networks/trauma> (accessed: 20.12.23).
11. de Moya M., Nirula R., Biffl W. Rib fixation: who, what, when? *Trauma Surg Acute Care Open*, 2017, vol. 2, no. 1, pp. e000059. DOI: 10.1136/tsaco-2016-000059.
12. Dehghan N., Mah J.M., Schemitsch E.H. et al. Operative stabilization of flail chest injuries reduces mortality to that of stable chest wall injuries. *J Orthop Trauma*, 2018, vol. 32, no. 1, pp. 15–21. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000992.
13. Diaz J.J., Azar F.K. Minimally invasive chest wall stabilization: a novel surgical approach to video-assisted rib plating (VARP). *Trauma Surg Acute Care Open*, 2019, vol. 4, no. 1, pp. e000366. DOI: 10.1136/tsaco-2019-000366.
14. Divisi D., Barone M., Crisci R. Surgical management of flail chest: state of art and future perspectives. *Curr Surg Rep*, 2017, vol. 5, no. 2, pp. 21. DOI: 10.1007/s40137-017-0184-3.
15. Dogrul B.N., Kiliccalan I., Asci E.S., Peker S.C. Blunt trauma related chest wall and pulmonary injuries: an overview. *Chinese Journal of Traumatology*, 2020, vol. 23, no. 3, pp. 125–138. DOI: 10.1016/j.cjtee.2020.04.003.
16. Ferrah N., Beck B., Ibrahim J. et al. Older trauma patients with isolated chest injuries have low rates of complications. *Injury*, 2022, vol. 53, no. 12, pp. 4005–4012. DOI: 10.1016/j.injury.2022.09.052.
17. Fokin A.A., Hus N., Wycech J. et al. surgical stabilization of rib fractures: indications, techniques, and pitfalls. *JBJS Essent Surg Tech*, 2020, vol. 10, no. 2, pp. e0032. DOI: 10.2106/JBJS.ST.19.00032.
18. Haider T., Halat G., Heinz T. et al. Thoracic trauma and acute respiratory distress syndrome in polytraumatized patients: a retrospective analysis. *Minerva Anestesiologica*, 2017, vol. 83, no. 10, pp. 1026–1033. DOI: 10.23736/s0375-9393.17.11728-1.
19. Holmberg L., Frick Bergström M., Mani K. et al. Validation of the Swedish Trauma Registry (SweTrau). *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2023, vol. 49, no. 4, pp. 1627–1637. DOI: 10.1007/s00068-023-02244-6.
20. Kane E.D., Jeremitsky E., Pieracci F.M. et al. Quantifying and exploring the recent national increase in surgical stabilization of rib fractures. *J Trauma Acute Care Surg*, 2017, vol. 83, no. 6, pp. 1047–52. DOI: 10.1097/TA.0000000000001648.
21. Lundin A., Akram S.K., Berg L. et al. Thoracic injuries in trauma patients: epidemiology and its influence on mortality. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 2022, vol. 30, no. 1, pp. 69. DOI: 10.1186/s13049-022-01058-6.
22. Ma X., Dong Z., Wang Y. et al. Risk factors analysis of thoracic trauma complicated with acute respiratory distress syndrome and observation of curative effect of lung-protective ventilation. *Front Surg*, 2022, vol. 8, pp. 826682. DOI: 10.3389/fsurg.2021.826682.
23. Mergan İliklerden D., Çobanoğlu U., Sayır F. et al. Late complications due to thoracic traumas. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*, 2022, vol. 28, no. 3, pp. 328–335. DOI: 10.14744/tjtes.2020.07242.
24. Michelet P., Couret D., Brégeon F. et al. Early onset pneumonia in severe chest trauma: a risk factor analysis. *J Trauma*, 2010, vol. 68, no. 2, pp. 395–400. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181a601cb.
25. Peek J., Beks R.B., Kingma B.F. et al. Epidural analgesia for severe chest trauma: an analysis of current practice on the efficacy and safety. *Crit Care Res Pract*, 2019, vol. 2019, pp. 4837591. DOI: 10.1155/2019/4837591.
26. Pehlivanlar Küçük M., Küçük A.O., Aksoy İ. et al. Prognostic evaluation of cases with thoracic trauma admitted to the intensive care unit: 10-year clinical outcomes. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*, 2019, vol. 25, pp. 46–54. DOI: 10.5505/tjtes.2018.97345.
27. Pieracci F.M., Coleman J., Ali-Osman F. et al. A multicenter evaluation of the optimal timing of surgical stabilization of rib fractures. *J Trauma Acute Care Surg*, 2018, vol. 84, no. 1, pp. 1–10. DOI: 10.1097/TA.0000000000001729.
28. Rizk Y., Rizk M., Abd El-Rahman A. et al. Injury severity score (ISS) versus revised trauma score (RTS) as a predictive value and outcome in polytrauma patients. *Benha Journal of Applied Sciences*, 2020, vol. 5, pp. 1–7. DOI: 10.21608/bjas.2020.137141.

29. Rose P., Ramlogan R., Madden S. et al. Serratus anterior plane block home catheter for posterior rib fractures and flail chest // *Can J Anaesth.* – 2019. – Vol. 66, № 8. – P. 997–998. DOI: 10.1007/s12630-019-01383-y.
30. Sayed M. S., Elmeslmany K. A., Elsayy A. S. et al. The validity of quantifying pulmonary contusion extent by lung ultrasound score for predicting ARDS in blunt thoracic trauma // *Crit Care Res Pract.* – 2022. – Vol. 2022. – P. 3124966. DOI: 10.1155/2022/3124966.
31. Schellenberg M., Inaba K. Pneumonia in trauma patients // *Curr Trauma Rep.* – 2017. – Vol. 3, № 4. – P. 308–314. DOI: 10.1007/s40719-017-0105-z.
32. Struck M. F., Kleber C., Ewens S. et al. Chest tube placement in mechanically ventilated trauma patients: differences between computed tomography-based indication and clinical decision // *J Clin Med.* – 2022. – Vol. 11, № 14. – P. 4043. DOI: 10.3390/jcm11144043.
33. Wutzler S., Bläsius F.M., Störmann P. et al. Pneumonia in severely injured patients with thoracic trauma: results of a retrospective observational multi-centre study // *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* – 2019. – Vol. 27, № 1. – P. 31. DOI: 10.1186/s13049-019-0608-4.
34. Xia H., Zhu P., Li J. et al. Thoracoscope combined with internal support system of chest wall in open reduction and internal fixation for multiple rib fractures // *Exp Ther Med.* – 2018. – Vol. 16, № 6. – P. 4650–4654. DOI: 10.3892/etm.2018.6817.
29. Rose P., Ramlogan R., Madden S. et al. Serratus anterior plane block home catheter for posterior rib fractures and flail chest. *Can J Anaesth*, 2019, vol. 66, no. 8, pp. 997–8. DOI: 10.1007/s12630-019-01383-y.
30. Sayed M.S., Elmeslmany K.A., Elsayy A.S. et al. The validity of quantifying pulmonary contusion extent by lung ultrasound score for predicting ards in blunt thoracic trauma. *Crit Care Res Pract*, 2022, vol. 2022, pp. 3124966. DOI: 10.1155/2022/3124966.
31. Schellenberg M., Inaba K. Pneumonia in trauma patients. *Curr Trauma Rep*, 2017, vol. 3, no. 4, pp. 308–314. DOI: 10.1007/s40719-017-0105-z.
32. Struck M.F., Kleber C., Ewens S. et al. Chest tube placement in mechanically ventilated trauma patients: differences between computed tomography-based indication and clinical decision. *J Clin Med*, 2022, vol. 11, 14, pp. 4043. DOI: 10.3390/jcm11144043.
33. Wutzler S., Bläsius F.M., Störmann P. et al. Pneumonia in severely injured patients with thoracic trauma: results of a retrospective observational multi-centre study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 2019, vol. 27, no. 1, pp. 31. DOI: 10.1186/s13049-019-0608-4.
34. Xia H., Zhu P., Li J. et al. Thoracoscope combined with internal support system of chest wall in open reduction and internal fixation for multiple rib fractures. *Exp Ther Med*, 2018, vol. 16, no. 6, pp. 4650–4654. DOI: 10.3892/etm.2018.6817.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет»,
625023, Россия, г. Тюмень, ул. Одесская, д. 54.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет»,
620028, Россия, г. Екатеринбург, ул. Репина, д. 3.

Главный военный клинический госпиталь войск национальной гвардии Российской Федерации,
143914, Россия, Московская область, г. Балашиха,
Вишняковское ш., д. 101.

Муниципальное автономное учреждение здравоохранения
ГБ№ 36 «Травматологическая»,
620007, Россия, г. Екатеринбург, ул. Центральная, д. 2.

ГБУЗ ТО «Областная клиническая больница № 2»,
625039, Россия, г. Тюмень, ул. Мельникайте, д. 75.

Шень Наталья Петровна

д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой анестезиологии и реаниматологии, ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет».
E-mail: nataliashen@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-3256-0374,
SPIN: 2963-7338, AuthorID: 46425989

Давыдова Надежда Степановна

д-р мед. наук, профессор кафедры анестезиологии, реаниматологии и токсикологии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет».
E-mail: davidovaeka@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7842-6296,
SPIN: 3766-8337, AuthorID: 761018

Смелая Тамара Валерьевна

д-р мед. наук, врач анестезиолог-реаниматолог, главный военный клинический госпиталь войск национальной гвардии Российской Федерации.
E-mail: tamara_smelaya@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2961-7958,
SPIN: 7861-4442, AuthorID: 438292

INFORMATION ABOUT AUTORUM:

Tyumen State Medical University,
54, Odesskaya str., Tyumen, 625023, Russia.

Ural State Medical University,
3, Repina str., Yekaterinburg, 620028, Russia.

Main Military Clinical Hospital of the National Guard Troops of the Russian Federation,
101, Vishnyakovskoye str., Moscow region, Balashikha,
143914, Russia.

City Hospital № 36 «Traumatological»,
2, Tsentralnaya str., Yekaterinburg, 620007, Russia.

Regional clinical Hospital № 2,
75, Melnikaite str., Tyumen, 625039, Russia.

Shen Natalia P.

Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Tyumen State Medical University.
E-mail: nataliashen@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-3256-0374,
SPIN-code: 2963-7338, AuthorID: 46425989

Davydova Nadezhda S.

Dr. of Sci. (Med.), Professor of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Toxicology, Ural State Medical University.
E-mail: davidovaeka@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7842-6296,
SPIN: 3766-8337, AuthorID: 761018

Smelaya Tamara V.

Dr. of Sci. (Med.), Anesthesiologist and Intensivist, Main Military Clinical Hospital of the National Guard Troops of the Russian Federation.
E-mail: tamara_smelaya@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2961-7958,
SPIN: 7861-4442, AuthorID: 438292

Беседина Екатерина Андреевна

врач-анестезиолог-реаниматолог, ГБ № 36 «Травматологическая».

E-mail: besedina_ekateri@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3275-1442

Скороходова Лариса Александровна

канд. эконом. наук, доцент кафедры истории, экономики и правоведения, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет Минздрава России».

E-mail: 9222040500@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7902-3947,

SPIN: 8067-4136, AuthorID: 437292

Болтаев Павел Геннадьевич

канд. мед. наук, врач-анестезиолог-реаниматолог, Муниципальное автономное учреждение здравоохранения ГБ № 36 «Травматологическая».

E-mail: dr.boltaev@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6011-1392

Лукин Станислав Юрьевич

д-р мед. наук, врач-травматолог, Муниципальное автономное учреждение здравоохранения ГБ № 36 «Травматологическая».

E-mail: 9222040500@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0481-4285,

SPIN: 5933-2437, AuthorID: 918091

Панов Игорь Дмитриевич

канд. мед. наук, врач-анестезиолог-реаниматолог, руководитель анестезиолого-реанимационной службы, ГБУЗ ТО «Областная клиническая больница № 2».

E-mail: gorik72@list.ru, ORCID: 0000-0001-5954-3788

Besedina Ekaterina A.

Anesthesiologist and Intensivist, City Hospital № 36 «Traumatological».

E-mail: besedina_ekateri@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3275-1442

Skorokhodova Larisa A.

Dr. of Sci. (Econ.), Associate Professor of the Department of History, Economics and Law, Ural State Medical University.

E-mail: 9222040500@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7902-3947,

SPIN: 8067-4136, AuthorID: 437292

Boltaev Pavel G.

Cand. of Sci. (Med.), Anesthesiologist and Intensivist, City Hospital № 36 «Traumatological».

E-mail: dr.boltaev@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6011-1392

Lukin Stanislav Yu.

Dr. of Sci. (Med.), Traumatologist, City Hospital № 36 «Traumatological».

E-mail: 9222040500@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0481-4285,

SPIN: 5933-2437, AuthorID: 918091

Panov Igor D.

Cand. of Sci. (Med.), Anesthesiologist and Intensivist, Head of the Anesthesiological and Intensive Care Service, Regional clinical Hospital № 2.

E-mail: gorik72@list.ru, ORCID: 0000-0001-5954-3788